

基礎材料科學詳解

L. H. V. 維拉克 原著
陳玉華 譯著

曉園出版社
世界圖書出版公司

基礎材料科學詳解

L. H. V. 維拉克 原著
陳玉華 譯著

曉園出版社
世界圖書出版公司

基础材料科学详解

L. H.V. 维拉克原著

陈玉华译著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994 年 4 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1994 年 4 月第一次印刷 印张: 7.5

印数: 0001-0600 字数: 18 万字

ISBN 7-5062-1762-7/TB·15

定价: 9.90 (W_{9311/17})

世界图书出版公司通过中华版权代理公司

购得重印权, 限国内发行.

9A1
/ 1.1

R1

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

基礎材料科學詳解

(目 錄)

第一章	材料科學工程導論.....	1
第二章	原子與原子之配位.....	9
第三章	固體內原子的規則排列.....	21
第四章	固體內原子的不規則排列.....	51
第五章	單相金屬.....	73
第六章	分子的相.....	93
第七章	陶瓷材料.....	111
第八章	導電材料.....	135
第九章	磁性、介電性及光學材料.....	153
第十章	相 圖.....	159
第十一章	用以發展與控制顯微組織的製程.....	189
第十二章	複合材料.....	209
第十三章	材料在使用中的性能.....	219
第十四章	鑄 鐵.....	227
第十五章	混凝土.....	229
第十六章	木 材.....	233

DF 10/17

第一章 材料科學工程導論

1-2.1 取一家用電器（如烤麩包機或咖啡機）之電線，列舉其所使用之材料和選用它們的理由。

解 電線內部為兩根良導體，能讓電通過而不產生過多的熱，兩根良導體分別為正負極，且外層用絕緣體的塑膠隔開並包裹起來。

1-2.2 仔細地檢查一燈泡，你能講出幾種不同的材料嗎？每一種材料所需之熱和光之特性為何？

解 金屬接觸片，正負極隔開的絕緣體，耐高溫而不起化學變化的氣體，電線（導體）用玻璃做成的絕緣外殼，電阻絲（能在電流通過時發出高熱）。

1-2.3 (a)將一便宜之鉛筆拆解後，列舉所使用之材料。(b)對每一種材料，列舉在選擇材料時，所必須注意的使用條件。

解 (a)筆身用輕軟木材做成，為求輕便、易削。

(b)筆心用石墨合成棒做成，要求硬度適中，書寫流利。

1-2.4 (a)走到你的車前（或朋友的車），列舉你所認識之材料（不要列舉零件的名稱），(b)將你的答案和同學之答案比較，(c)討論在選用此等材料時之重要緣故，(d)請建議合理之替代物，又為何不用這些替代物呢？

解 略

1-4.1 檢查附錄 C，(a)對金屬，聚合體和陶瓷之性質比較作一歸納，(b)由你自己的經驗，列舉你所作之歸納的一些例外。

2 基礎材料科學詳解

解

	金 屬	高 分 子	陶 瓷
密 度	最 大	最 小	中 等
導 熱 性	最 佳	最 差	中 等
受熱膨脹度	中 等	最 大	最 小
電 阻 (導電性)	最 小 (良導體)	極 大 (絕緣體)	非 常 大 (不良導體)
彈性係數	大 (韌)	小 (易受力伸展)	幾乎無彈性 (易脆碎)
機 械 強 度	中 等	最 小	最 大
熔 點	中 等	最 低	最 高
原 子 排 列	規 則	分 子 排 列 最 不 規 則	形 成 化 合 物

1-4.2 由練習題 1-2.4 所舉出者，將材料分類成(a)金屬，(b)聚合體(塑膠)或(c)陶瓷。

解 略

1-5.1 銅之電阻係數為 $17 \times 10^{-8} \text{ ohm}\cdot\text{m}$ 。(a)一銅片長 2 cm 寬 5 mm 厚 1 mm，其端點處之電阻為何？(b)傳導率為何？

解

$$(a) R = \rho \frac{\ell}{A} = 17 \times 10^{-8} \frac{2 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}} = 68 \times 10^{-3} (\text{ohm})$$

$$= 68 \text{ 微歐姆}$$

$$(b) \text{傳導率 } \sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{17 \times 10^{-8}} = 5.88 \times 10^7 (\text{ohm}^{-1}\text{m}^{-1})$$

$$\rho = 17 \times 10^{-8} \text{ ohm}\cdot\text{m}$$

1-5.2 利用附錄 C 之數據，決定每一種金屬之熱和導電係數之比， k/σ
(b)由你的計算，請將熱和導電係數間之關係，作一歸納。

解

金 屬	$K(\frac{W/mm^2}{oc/mm})$	$10^9 \sigma (ohm^{-1} \cdot m^{-1})$	$k/\sigma \cdot 10^{-9} (\frac{w/mm^2}{oc/mm}) / (ohm^{-1} \cdot m^{-1})$
鋁(純度在 99.9 以上)	0.22	1/29	6.38
鋁 合 金	0.16	1/45	7.2
青銅 (70% 銅 +30% 鋅)	0.12	1/62	7.44
赤銅 (95% 銅 +5% 錫)	0.08	1/100	8.00
灰 鑄 鐵	—	—	—
白 鑄 鐵	—	1/660	—
銅(純度在 99.9 以上)	0.40	1/17	6.8
鐵(純度在 99.9 以上)	0.72	1/98	7.06
鎂(純度在 99 以上)	0.16	1/45	7.2
鎳銅 (鎳 70 合金 銅 30)	0.025	1/482	12.05
銀(純)	0.41	1/18	7.38
1020 鋼	0.050	1/169	8.45
1040 鋼	0.048	1/171	8.21
1080 鋼	0.046	1/180	8.28
不銹鋼 (鉻 18 鎳 8)	0.015	1/700	10.5
鉛(純度在 99 以上)	0.033	1/206	6.8

(b) k/σ 接近一定值約在 7~8 之間，也就是說對於金屬若導熱性愈良，其導電性也愈佳。

1-5.3 一根銅棒不能施加超過 70MPa (10,200psi) 之拉伸應力。如果它可負荷 2000 kg (4400 lbs) 之載重，則所需之直徑為若干？

解

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad A = \frac{P}{\sigma}$$

4 基礎材料科學詳解

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{4400}{10200} = 0.43$$

$$d = 0.74 \text{ in} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{或 } \frac{\pi d^2}{4} = \frac{2000 \times 9.8}{70 \times 10^6} = 2.8 \times 10^{-4}$$

$$d^2 = 3.57 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 0.019 \text{ m} = 19 \text{ mm} (0.74 \text{ in})$$

1-5.4 當銅棒受應力 70 MPa ($10,200 \text{ psi}$) 作用時，其彈性應變為若干？（彈性模數和其他一般金屬之性質附於附錄 C）。

解 查附錄 C，銅之 $E = 16 \times 10^6 \text{ psi} = 110,000 \text{ MPa}$

$$(\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{10200}{16 \times 10^6} = 6.375 \times 10^{-4})$$

$$\epsilon = \frac{70}{110000} = 6.36 \times 10^{-4}$$

1-5.5 (a)一直徑為 12.7 mm 之銅棒承受荷重 7000 kg ($68,600 \text{ N}$ 之力)，施加棒上之應力為若干？(b)若(a)中棒之彈性模數為 $205,000 \text{ MPa}$ ，則在此荷重下，其應變為何？

解 $68600 = 9.8 \times 7000 \text{ N}$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} = \frac{68600}{\frac{\pi \times (12.7)^2}{4} \times 10^{-6}} = 541.5 \times 10^6 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right) \\ &= 541.5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{541.5}{205000} = 0.00264$$

1-5.6 一直徑為 1.05 mm (0.04 in)之鎂合金線。依附錄 C，其楊氏模

數為 45,000 MPa (6.5×10^6 psi) 塑性變形始於荷重為 10.5 kg(N), 或 23 lbf 時。在荷重達 12.1 kg (26.6 lbf) 時, 其總應變為 0.0081。(a) 在荷重為 12.1 kg (26.6 lbf) 時, 其永久應變為何? (b) 使用英制單位重做此題。

$$\begin{aligned} 10.5 \text{ kg} &= 10.5 \times 9.8 \text{ N} = 102.9 \text{ N} & 12.1 \text{ kg} &= 118.6 \text{ N} \\ d &= 1.05 \text{ mm} = 0.04 \text{ (in)} & E &= 45000 \text{ MPa} = 6.5 \times 10^6 \text{ psi} \\ P_1 &= 102.9 \text{ N} = 23 \text{ lbf} & P_2 &= 118.6 \text{ N} = 26.6 \text{ lbf} \end{aligned}$$

$$\epsilon = 0.0081 \qquad A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 1.05^2}{4}$$

$$= 0.866 (\text{mm}^2) = 0.866 \times 10^{-6} (\text{m}^2)$$

$$(a) \sigma = \frac{P}{A} = \frac{102.9}{0.866 \times 10^{-6}} = 118.8 \times 10^6 (\text{Pa}) = 118.8 (\text{MPa})$$

$$\epsilon_s = \frac{\sigma}{E} = \frac{118.8}{45000} = 0.00264$$

$$\epsilon_p = 0.0081 - 0.00264 = 0.00546$$

$$(b) \sigma = \frac{23}{\frac{\pi}{4} \times 0.04^2} = 18303 (\text{psi})$$

$$\epsilon_s = \frac{18303}{6.5 \times 10^6} = 0.00282$$

$$\epsilon_p = 0.0081 - 0.00282 = 0.00528$$

1-5.7 鋁 (6151 合金) 之彈性模數為 70,000 MPa (10^7 psi), 降伏強度為 275 MPa (40,000 psi)。(a) 直徑為 2.75 mm (0.108 in) 之鋁合金線, 可以承受多少荷重而不會降伏? (b) 如果長為 30.5 m (100 ft) 之線承受 44 kg (97 lb) 之荷重, 其總伸長量為何?

$$\text{解} \quad E = 70,000 \text{ MPa} = 10^7 \text{ psi} \qquad \sigma_s = 275 \text{ MPa} = 40,000 \text{ psi}$$

$$(a) d = 2.75 \text{ mm} = 0.108 \text{ in}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 2.75^2}{4} = 5.94 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A = \frac{\pi \times 0.108^2}{4} = 0.00916 \text{ (in}^2\text{)}$$

$$P_s = A\sigma_s = 5.94 \times 10^{-6} \times 275 \times 10^6 = 1633.5 \text{ (N)} = 167 \text{ (kg)}$$

$$P_s = A\sigma_s = 0.00916 \times 40000 = 366.4 \text{ (lbf)}$$

$$(b) P = 44 \times 9.8 = 431.2 \text{ (N)} = 97 \text{ (lbf)}$$

167 > 44 故仍在彈性限度之內

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{431.2/5.94 \times 10^{-6}}{70000 \times 10^6} = 0.00104$$

$$\delta = \epsilon L = 0.00104 \times 30.5 = 0.0317 \text{ (m)} = 31.7 \text{ (mm)}$$

$$\delta = 0.00104 \times 100 \times 12 = 1.25 \text{ (in)}$$

1-5.8 一直徑 6.4-mm (0.25 in)，長 1.83 m (6 ft) 之 1020 鋼棒可以支撐重量 4450 N (1000 lbf)，如果此棒改成 70-30 Monel，則其長度改變多少？

查附錄 C 1020 鋼 $E_s = 205,000 \text{ MPa}$
Monel $E_M = 180,000 \text{ MPa}$

$$d = 6.4 \text{ mm} \quad A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 6.4^2}{4} = 32.17 \text{ (mm}^2\text{)}$$

設二種材料所受之應力皆在彈性變形範圍之內

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4450}{32.17 \times 10^{-6}} = 138.33 \times 10^6 \text{ (Pa)}$$

$$= 138.33 \text{ (MPa)}$$

$$\epsilon_s = \frac{\sigma}{E_s} = \frac{138.33}{205,000} = 0.00067$$

$$\delta_s = 1.83 \times 0.00067 = 0.0012 \text{ (m)} = 1.2 \text{ (mm)}$$

$$\epsilon_M = \frac{\sigma}{E_M} = \frac{138.33}{180,000} = 0.00077$$

$$\delta_M = 1.83 \times 0.00077 = 0.0014 \text{ (m)} = 1.4 \text{ (mm)}$$

$$\delta_M - \delta_S = 1.4 - 1.2 = 0.2 \text{ (mm)}$$

即 70-30 Monel 較 1020 鋼多伸長 0.2 mm

1-5.9 一直徑為 0.89 mm (0.035 in) 之 1040 鋼線，其降伏強度為 980 MPa (142,000 psi) 且拉伸強度為 1130 MPa (164,000 psi)，另有一鋁合金其降伏強度為 255 MPa (37,000 psi) 拉伸強度為 400 MPa (58,000 psi)，(a) 如果鋁線要承受 40 kg (88 lb) 之荷重且和鋼線具有相同之彈性變形，則此鋁線要比鋼線重或輕多少（以百分比表示之）？(b) 如果鋁線要承受相同之最大荷重而不變形，則比鋼線重或輕多少（以百分比表示）？(c) 如果不破裂時又如何？（提示：利用質量比而不用計算真正的面積）。

解 1040 鋼 $\sigma_{ys} = 980 \text{ MPa}$ $\sigma_{ts} = 1130 \text{ MPa}$

$$E_s = 205,000 \text{ MPa}$$

鋁 $\sigma_{ys} = 255 \text{ MPa}$ $\sigma_{ts} = 400 \text{ MPa}$ $E_a = 70,000 \text{ MPa}$

$$d_s = 0.89 \text{ mm} \quad 40 \text{ kg} = 392 \text{ N}$$

查附錄 C $D_s = 7.85 \text{ g/cm}^3$

$$D_a = 2.7 \text{ g/cm}^3$$

$$(a) \sigma_s = \frac{P}{A_s} = \frac{392}{A_s} \quad \sigma_a = \frac{392}{A_a}$$

$$\frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{\sigma_a}{E_a} \quad \frac{392}{205 A_s} = \frac{392}{70 A_a} \quad A_a = 2.93 A_s$$

$$\frac{W_a}{W_s} = \frac{A_s D_s}{A_a D_a} = \frac{2.93 \times 2.7}{1 \times 7.85} = \frac{7.91}{7.85} = 1.008$$

$$1.008 - 1 = 0.008 = 0.8 \text{ 公制鋼 1040 輕重 } 0.8 \%$$

$$\begin{aligned}
 (b) \sigma_{11} &= \frac{P_{max}}{A_s} = 980 \\
 \sigma_{11} &= \frac{P_{max}}{A_s} = 255 \Rightarrow \frac{A_s}{A_s} = \frac{255}{980} \Rightarrow A_s = 3.84 A_s \\
 \frac{W_s}{W_s} &= \frac{3.84 \times 2.7}{1 \times 7.85} = 1.32
 \end{aligned}$$

$1.32 - 1 = 0.32 = 32\%$ 即鋁較 1040 鋼重 32%

$$\begin{aligned}
 (c) \sigma_{11} &= \frac{P_{max}}{A_s} = 1130 \\
 \sigma_{11} &= \frac{P_{max}}{A_s} = 400 \Rightarrow \frac{A_s}{A_s} = \frac{400}{1130} \Rightarrow A_s = 2.825 A_s
 \end{aligned}$$

$$\frac{W_s}{W_s} = \frac{2.825 \times 2.7}{1 \times 7.85} = 0.97 \text{ 故 } 0.97 - 1 = -0.03 = -3\%$$

即鋁較 1040 鋼輕 3%

第二章 原子與原子之配位

2-1.1 (a) 鋁原子之質量為何？(b) 鋁之密度為 2.7 Mg/m^3 (2.70 g/cm^3)；問每 mm^3 中有多少鋁原子？

解 (a) Al : 26.98 amu

$$\frac{26.98}{6.02 \times 10^{23}} = 4.48 \times 10^{-23} \text{ g/atom}$$

$$(b) 2.70 \text{ g/cm}^3 = 2.70 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$$

$$\frac{2.70 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3}{4.48 \times 10^{-23} \text{ g/atom}} = 6.02 \times 10^{19} \text{ atoms/mm}^3$$

2-1.2 一銅線重 1.312 g ，直徑為 2.15 mm ，長為 40.5 mm 。(a) 每 mm^3 中存在多少原子，(b) 計算其密度。

解 (a) Cu : 63.54 amu

$$\frac{\frac{1.312}{63.54} \times 6.02 \times 10^{23}}{\left(\frac{2.15}{2}\right)^2 \times 3.14 \times 40.5} = 8.45 \times 10^{19} \text{ atoms/mm}^3$$

$$(b) \frac{1.312 \text{ g}}{\left(\frac{2.15}{2}\right)^2 \times 3.14 \times 40.5 \text{ mm}^3} = 8.923 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$$

$$= 8.923 \text{ g/cm}^3$$

2-1.3 一焊接劑含 60 w/o 之錫 (Sn) 和 40 w/o 之鉛 (Pb)，試求每一種元素之原子百分比。

解 Basis : 100 amu 合金 = $60 \text{ amu Sn} + 40 \text{ amu Pb}$

Sn 分子量 118.69 amu ，Pb 分子量 207.19 amu

$$60 \text{ amu Sn} / (118.69 \text{ amu Sn/atom}) = 0.50 \text{ atoms}$$

$$40 \text{ amu Pb} / (207.19 \text{ amu Pb/atom}) = 0.19 \text{ atoms}$$

$$\text{Total atoms} = 0.69$$

$$\text{故含 Sn } \frac{0.5}{0.69} = 72 \text{ a/o Sn}$$

$$\text{Pb } \frac{0.19}{0.69} = 28 \text{ a/o Pb}$$

2-1.4 (a)每克中含有多少鐵原子？(b)有一小塊之金屬含有 10^{22} 個鐵原子，求其體積？

解 (a) Fe : 55.85 amu

$$\frac{1}{55.85} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.08 \times 10^{22} \text{ atoms/g}$$

(b)從附錄B Fe之密度 = 7.87 g/cm³

$$\frac{10^{22} \text{ atoms}}{1.08 \times 10^{22} \text{ atoms/g}} \div 7.87 \text{ g/cm}^3 = 0.118 \text{ cm}^3$$

2-1.5 (a)由附錄中之數據，決定單一銀原子之質量，(b)每mm³之銀中有多少原子？(c)以銀之密度為基礎，含有 10^{21} 個原子的一小塊銀其體積為何？(d)假設銀原子為球形的 ($R_A = 0.1444 \text{ nm}$)。且忽略原子間之空隙，則由 10^{21} 個原子所佔之體積為多少？(e)空隙所佔之體積百分比為何？

解 (a) Ag 分子量 = 107.87 amu

$$\frac{107.87 \text{ g}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atoms}} = 1.79 \times 10^{-22} \text{ g/Ag-atom}$$

(b)從附錄B Ag之密度 = 10.5 g/cm³ = $10.5 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$

$$\frac{10.5 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3}{1.79 \times 10^{-22} \text{ g/Ag-atom}} = 5.86 \times 10^{19} \text{ Ag-atom/mm}^3$$

$$(c) \frac{10^{21} \text{ Ag-atom}}{5.86 \times 10^{19} \text{ Ag-atom/mm}^3} = 17 \text{ mm}^3$$

$$(d) \frac{4}{3} \pi \times (0.1444 \times 10^{-6})^3 \times 10^{21} = 12.6 \text{ mm}^3$$

$$(e) \left(1 - \frac{12.6}{17}\right) \times 100 \% = 26 \%$$

2-1.6 將練習題 2-1.5 改成鎳並回答相同之問題。

解 (a) Ni : 58.71 amu

$$\frac{58.71 \text{ g}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atoms}} = 9.75 \times 10^{-23} \text{ g/Ni-atom}$$

$$(b) \text{Ni 之密度} = 8.90 \text{ g/cm}^3 = 8.90 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$$

$$\frac{8.90 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3}{9.75 \times 10^{-23} \text{ g/Ni}} = 9.13 \times 10^{19} \text{ Ni-atom/mm}^3$$

$$(c) \frac{10^{21} \text{ Ni-atom}}{9.13 \times 10^{19} \text{ Ni-atom/mm}^3} = 10.9 \text{ mm}^3$$

$$(d) R_{\text{Ni}} = 0.1246 \text{ nm}$$

$$\frac{4}{3} \pi \times (0.1246 \times 10^{-6})^3 \times 10^{21} = 8.1 \text{ mm}^3$$

$$(e) \left(1 - \frac{8.1}{10.9}\right) \times 100 \% = 25.7 \%$$

2-1.7 (a) Al_2O_3 之密度為 3.8 Mg/m^3 (3.8 g/cm^3)，問每 mm^3 中存在多少原子？(b) 每克中有多少？

解 (a) $26.98 \times 2 + 15.9994 \times 3 = 101.9582 \text{ amu/Al}_2\text{O}_3$

$$\frac{3.8 \times 10^{-3}}{101.9582} \times 6.02 \times 10^{23} \times 5 = 1.12 \times 10^{20} \text{ atoms/mm}^3$$

$$(b) \frac{1}{3.8 \times 10^{-3}} \text{ mm}^3/\text{g} \times 1.12 \times 10^{20} \text{ atoms/mm}^3 = 2.95$$

$$\times 10^{22} \text{ atoms/g}$$

2-1.8 一MgO之立方體，其每一邊之邊長為0.42 nm，含有4個Mg²⁺離子和4個O²⁻離子，求此MgO之密度？

解 MgO : $24.312 + 15.9994 = 40.3114 \text{ amu}$

$$\frac{40.3114}{6.02 \times 10^{23}} = 6.70 \times 10^{-23} \text{ g/MgO}$$

$$\frac{6.70 \times 10^{-23} \text{ g/MgO}}{(0.42 \times 10^{-7})^3 / 4 \text{ cm}^3/\text{MgO}} = 3.62 \text{ g/cm}^3$$

2-1.9 一化合物有33a/oCu和67a/oAl，求每一種元素所佔之重量百

解 以100 atoms的合金為基礎：33 atom Cu + 67 atom Al

$$\frac{33 \times 63.54}{33 \times 63.54 + 67 \times 26.98} \times 100 \% = 54 \text{ w/o Cu}$$

$$\frac{67 \times 26.98}{33 \times 63.54 + 67 \times 26.98} \times 100 \% = 46 \text{ w/o Al}$$

2-1.10 銀被鍍在一黃銅(1610mm²)表面上，直至厚度為7.5 μm (a)需要多少銀離子(Ag⁺)？(b)如果想在五分鐘內完成，需要多少安培？

解 Ag : 107.87 amu

Ag之密度 = $10.5 \text{ g/cm}^3 = 10.5 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$

$$\frac{1610 \times 7.5 \times 10^{-3} \times 10.5 \times 10^{-3}}{107.87} \times 6.02 \times 10^{23} = 7.1 \times$$

$$10^{20} \text{ atoms/Ag}$$

$$(b) 7.1 \times 10^{20} \text{ atoms} \times \left[\frac{1 \text{ el/atom} \times 0.16 \times 10^{-19} \text{ A. S/el}}{5 \times 60 \text{ s}} \right]$$

$$= 0.38 \text{ Amperes}$$